

IAP13 Rec'd PCT/PTO 12 DEC 2005

Ultraschall-Stehwellen-ZerstäuberanordnungBeschreibung

Die Erfindung betrifft eine Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung zur Erzeugung eines Lack-Sprühnebels zum Lackieren eines Werkstückes mit wenigstens einer Sonotrode, mit einem der wenigstens einen Sonotrode gegenüberliegend angeordneten Bauteil, wobei sich beim Betrieb im Zwischenraum zwischen der wenigstens einen Sonotrode und dem Bauteil ein stehendes Ultraschallfeld ausbildet. Darüber hinaus ist die Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung mit wenigstens einer düsenförmigen Lackzufuhrvorrichtung versehen, die senkrecht zur Mittelachse jeder Sonotrode angeordnet ist und den Lack an wenigstens einer Lackaustrittsstelle für den Zerstäubungsvorgang in den Zwischenraum einbringt.

Seither werden Lackanstriche bei Automobilkarosserien und ähnlichen großflächigen Gegenständen in bekannter Weise mittels Hochrotationszerstäubern aufgebracht, welche einen feinen Lacksprühnebel erzeugen, der üblicherweise durch geeignete Zusatzmaßnahmen, zum Beispiel bei elektrisch leitfähigen Lacken mittels elektrischem Feld, auf die zu beschichtende Oberfläche appliziert wird.

Dabei werden bei der Verwendung von umweltfreundlichem wasserlöslichen Basislack Lackraten von 200 ml/mm - 400 ml/mm und größer erzielt. Die für die Beschichtung geforderte Qualität, wie Ebenheit der Oberfläche und Vermeidung von Blasen, wird insbesondere dadurch erreicht, daß die Durchmesser der Lacktropfen des Sprühnebels im Bereich von  $10\text{ }\mu\text{m} < d_{\text{Tropfen}} < 60\text{ }\mu\text{m}$  liegen.

Die bekannte Hochrotationszerstäubung ist mit folgenden Nachteilen behaftet, die sich sowohl auf die Produktqualität als auch auf den erforderlichen Herstellaufwand

auswirken können. Die Zerstäubungsqualität sowie die Ausbringung wird wesentlich bestimmt durch die Form und Drehzahl der rotierenden Glocke, wie das den Lack ausbringende Rotationsteil bezeichnet wird. Für den Antrieb der Glocke ist gereinigte Druckluft erforderlich, welche eine mit der Glocke gekoppelte Luftturbine beaufschlagt. Die Reinigung der Druckluft verursacht zusätzlichen Aufwand.

Infolge der mit ca.  $100.000 \text{ min}^{-1}$  sehr hohen Drehzahl der Rotationszerstäuber haben die so beschleunigten Lackpartikel eine hohe Anfangsgeschwindigkeit, wodurch deren exakte Ausrichtung auf die zu beschichtenden Flächen, zum Beispiel auf die Karosserieoberfläche, beeinträchtigt ist, so daß hierdurch eine nicht zu vernachlässigende Menge an Lack an der Zielfläche vorbeifliegt.

Darüber hinaus ist die ausbringbare Menge an Lack pro Zeiteinheit beim Auftrag mittels Hochrotationszerstäubern limitiert, was wiederum den erforderlichen Zeitaufwand für den Lackauftrag erhöht.

Aus der DE 102 45 324 und aus der DE 102 45 326 ist eine Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung der eingangs genannten Art bekanntgeworden, bei welcher an Stelle der Hochrotationszerstäubung die Stehwellenzerstäubung mittels Ultraschall Anwendung findet. Diese hat gegenüber der Hochrotationszerstäubung die folgenden Vorteile:

Die rotierende Glocke wird hierbei durch linear schwingende Ultraschallsonotroden ersetzt. Dies führt zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit beziehungsweise der Lebensdauer des Zerstäubers. Außerdem entfällt die wegen der erforderlichen Reinigung teure Antriebsluft für die Druckluftturbine. Auch haben die Lacktröpfchen bei der Ultraschall-Stehwellen-Zerstäubung eine geringere Anfangsgeschwindigkeit als bei der Hochrotationszerstäubung, so daß wesentlich weniger gereinigte Luft erforderlich ist, um den Lacksprühnebel zur Karosserie zu lenken. Dies wiederum bewirkt einerseits geringeren Verbrauch an teurer gereinigter als auch andererseits an Lack, da infolge der verminderten Luftströmung weniger Lack an der Karosserie vorbeifliegt.

Lediglich zum Schutz des Reflektors vor der Benetzung durch den Lack ist mehr teure Reinigungsluft als bei der Sonotrode erforderlich beziehungsweise, beziehungsweise es muß ein größerer Abstand des Reflektors zur Lamelle gewählt werden. Da die Sonotrode leichter vor Benetzung durch den Lack zu schützen ist als der Reflektor, weil die Lacktröpfchen durch die Schwingungen von der Sonotrode fern gehalten werden.

Der Lack hat somit anders als bei der Hochrotationszerstäubung bei der Ultraschallstehwellen-Zerstäubung keinen direkten Kontakt zu der Zerstäubungseinrichtung, wodurch jeglicher Verschleiß infolge fehlendem Abrieb vermieden wird. Üblicherweise erfolgt bei der Ultraschall-Stehwellen-Zerstäubung der Lackauftrag in Form eines Sprühkegels mit ovalem Querschnitt. Dies kann vorteilhaft sein bei der Lackierung schmaler Teile.

Die Gefahr der Benetzung wird auch verringert, wenn Sonotroden- und Reflektorstimflächen gegeneinander geneigt sind, wodurch eine größere Öffnung für den Lackaustritt entsteht. Dies kann auch durch abgeschrägte Stimflächen erreicht werden.

Allerdings führen diese Maßnahmen dazu, daß das Ultraschallfeld im Zerstäubungsraum abgeschwächt wird. Dies wird dadurch hervorgerufen, daß die Schallwellen beziehungsweise ein gewisser Anteil nicht mehr nur hin- und zurückwandern, sondern zum Teil den Zerstäubungsraum verlassen. Dadurch wird die maximal zerstäubbare Lackrate reduziert.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, welche bei einfacher Gestaltung eine möglichst große Öffnung für den Lackaustritt bietet, wobei das hierfür genutzte Schallfeld möglichst wenig geschwächt werden soll bei gleichzeitig möglichst unveränderter Lackrate, das heißt gleichzeitig möglichst unveränderter Ausbringung an Lack.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgesehen, daß das der Sonotrode gegenüberliegend angeordnete Bauteil ein koaxial ausgerichteter Reflektor ist, dessen der Sonotrode zugewandte Stimfläche einen stufenförmigen Versatz aufweist und wobei die Tiefe des Versatzes einem Vielfachen der halben Wellenlänge der in der Sonotrode erzeugten Schallschwingungen in Luft entspricht.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist der Reflektor als passiver Reflektor ausgebildet, wobei er vorzugsweise als Platte, insbesondere als kreisscheibenförmige Platte, ausgebildet ist, deren Querschnitt wenigstens dem der in der Ultraschallstehwellen-Zerstäuberanordnung eingesetzten Sonotrode entspricht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erweist es sich als günstig, daß die Dicke des Reflektors ebenfalls einem Vielfachen der halben Wellenlänge der in der Sonotrode erzeugten Schallschwingungen entspricht, wobei die Dicke des Reflektors wenigstens 10 mm beträgt.

Entsprechend einer Ausgestaltung der Erfindung ist der stufenförmige Versatz im Reflektor unterhalb der horizontalen Mittelachse des Reflektors in diesen eingeformt, wobei die Einformung Keilform bis Halbkreisform haben kann.

Hieraus ergibt sich in Weiterbildung der Erfindung, daß der stufenförmige Versatz im Reflektor halbkreisförmig oder sektorartig mit sich in Sprühhichtung symmetrisch erweiternder Öffnung in die der Sonotrode gegenüberliegende Stimfläche des Reflektors eingeformt ist. Das heißt, daß der sektorartig in die Stimfläche des Reflektors eingeformte stufenförmige Versatz einen Öffnungswinkel  $\alpha$  von  $45^\circ < \alpha < 180^\circ$  aufweisen kann, wobei vorzugsweise der sektorartig in die Stimfläche des Reflektors eingeformte stufenförmige Versatz einen Öffnungswinkel  $\alpha$  von  $135^\circ$  aufweist.

Diese und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Ausführungsformen sind

## Gegenstand der Unteransprüche.

Anhand eines in der beigefügten Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sollen die Erfindung, vorteilhafte Ausgestaltungen und Verbesserungen der Erfindung sowie deren besondere Vorteile näher erläutert und beschrieben werden.

### Es zeigen

- Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer ersten Lacksprühanordnung mit einer Sonotrode mit einem gleichförmigen passiven Reflektor;
- Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer zweiten Lacksprühanordnung mit einer Sonotrode mit einem abgestuften passiven Reflektor;
- Fig. 3 eine Stirnflächenansicht eines ersten abgestuften Reflektors;
- Fig. 4 eine Stirnflächenansicht eines zweiten abgestuften Reflektors und
- Fig. 5 eine Stirnflächenansicht eines dritten abgestuften Reflektors.

In Fig. 1 ist eine schematische Seitenansicht einer ersten Lacksprühanordnung 10 mit einer Sonotrode 12 mit einem gleichförmig ausgebildeten passiven Reflektor 14 dargestellt, zwischen welchen durch die in der Sonotrode 22 erzeugten und aus deren dem Reflektor 14 zugewandten Stirnfläche 16 austretenden Schwingungen eine Stehwelle erzeugt wird mit einzelnen, hier nicht näher dargestellten Schallschnellebäuchen, in welche jeweils Lackzuführrohrchen 18 eintauchen und den zum Lackauftrag vorgesehenen Lack zuführen, der in Form eines sich in Sprührichtung erweiternden Sprühkegels 19 ausbildet und somit eine entsprechende Bedeckung des zu beschichtenden Werkstückes mit Lack bewirkt.

Während die Schallaustrittsfläche der Sonotrode 12, das heißt deren Stirnfläche 16, infolge deren Schwingungszustand nicht der Gefahr einer dauerhaften Benetzung mit dem aufzubringenden Lack ausgesetzt ist, besteht dieses Problem sehr wohl beim

Reflektor 14, auf dessen hiervon betroffene Stirnfläche der Pfeil P weist. Zur Unterbindung der Benetzung mit Lack beziehungsweise zu deren Minderung und zur Beseitigung des auftretenden Lacks wird üblicherweise Druckluft verwendet, welche – hier nicht näher dargestellt – in Sprühhichtung, zugeführt wird.

Fig. 2 zeigt eine schematische Seitenansicht einer zweiten Lacksprühanordnung 20 mit einer Sonotrode 22, wie sie auch in Fig. 1 bereits gezeigt und beschrieben ist sowie mit einem hier im Längsschnitt A-B entsprechend den Darstellungen in den Fig. 3 bis 5 gezeigten abgestuften passiven Reflektor 24, zwischen welchen durch die in der Sonotrode 22 erzeugten und aus deren dem Reflektor zugewandten Stirnfläche 26 austretenden Schwingungen eine Stehwelle mit einzelnen, hier nicht näher dargestellten Schallschnellebäuchen erzeugt wird, in welche ebenfalls Lackzufuhrrohrchen 18 eintauchen und den zum Lackauftrag vorgesehenen Lack zuführen, der sich in Form eines sich in Sprühhichtung erweiternden Sprühkegels 19 ausbildet und somit eine entsprechende Bedeckung des zu beschichtenden Werkstückes mit Lack bewirkt.

Abweichend von der Geometrie des in Fig. 1 dargestellten Reflektors 14 weist der hier eingesetzte Reflektor 24 eine von seiner Unterseite bis zur horizontalen Mittellinie reichende Einformung 28 auf, welche unterschiedlich, entsprechend den in den Fig. 3 bis 5 gezeigten Varianten gestaltet sein kann. Die Tiefe der Einformung 28 beträgt hierbei ein beliebiges Vielfaches der halben Wellenlänge  $\lambda$  der Schallschwingung in Luft.

In Fig. 3 ist die der jeweiligen Sonotrode zugewandte Stirnflächenansicht eines ersten abgestuften Reflektors 24.1 gezeigt, bei welchem die Einformung 28.1 halbkreisförmig ausgebildet ist. Demgemäß erfolgt der Versatz der stirnseitigen Oberfläche des Reflektors 24.1 an der horizontalen Mittellinie mit einem Öffnungswinkel  $\alpha = 180^\circ$ .

In Fig. 4 ist die Stirnflächenansicht eines zweiten abgestuften Reflektors 24.2 gezeigt, bei welchem die Einformung 28.2 keilförmig vom Zentrum des kreisförmigen Reflektors 24.2 sich nach unten erweitert mit einem Öffnungswinkel  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ .

In Fig. 5 schließlich ist die Stirnflächenansicht eines dritten abgestuften Reflektors 24.3 gezeigt, welcher als rechteckförmige, das heißt hier quadratische, Platte ausgebildet ist und ebenfalls eine keilförmige vom Zentrum sich nach unten erweiternde Einformung 28.3 aufweist, deren Öffnungswinkel ähnlich dem in Fig. 4 gezeigten Öffnungswinkel  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  vorgesehen ist.

Zweck der erfindungsgemäßen Einformung 28 des Reflektors 24.1, 24.2 und 24.3 ist es, die mit der jeweiligen Sprühhvorrichtung an sich ausbringbare Lackmenge nicht infolge geometriebedingter Behinderung im Bereich des Reflektors unnötigerweise zu verringern. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Einformungen 28.1 bis 28.3 ist nunmehr gewährleistet, daß einerseits das Stehwellefeld zwischen Sonotrode und Reflektor nicht infolge phasenungleichheit der Stehwellen geschwächt wird und andererseits mit der Einformung eine relativ große Öffnung für den Lackaustritt aus dem Zerstäubungsraum geschaffen ist.

Auch kann der runde oder eckige Reflektor Stufen in Form von Kreisabschnitten, Kreissegmenten und Kreissektoren aufweisen, wobei die Anzahl der eingestufteten Stufen, deren Stufenhöhe beziehungsweise -tiefe und die Lage der Lackförderröhrchen in bezug auf den segmentierten Reflektor je nach Anwendung hinsichtlich der Kriterien maximale Lackrate, geringe Benetzungsgefahr, Formung des Lacksprühkegels oder günstigste elektrostatische Aufladung gewählt werden kann.

Bei Bedarf kann der Reflektor zusätzlich mit einem Luftpolster versehen werden.

Überdies bietet die erweiterte Öffnung den Vorteil, daß bei elektrostatischer Aufladung in der Nähe der Lacklamellen relativ hohe elektrische Feldstärken ( $< 25 \text{ kV/cm}$ ) möglich sind, weil die feldabschirmende Wirkung des Reflektors vermindert ist.

### Patentansprüche

1. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung (10, 20) zur Erzeugung eines Lack-Sprühnebels zum Lackieren eines Werkstückes mit einer Sonotrode (12, 22), mit einem der Sonotrode (12, 22) gegenüberliegend angeordneten Bauteil (14, 24), wobei sich beim Betrieb im Zwischenraum zwischen der wenigstens einen Sonotrode (12, 22) und dem Bauteil (14, 24) ein stehendes Ultraschallfeld ausbildet, sowie mit wenigstens einer düsenförmigen Lackzufuhrvorrichtung (18), die senkrecht zur Mittelachse der Sonotrode (12, 22) angeordnet ist und den Lack an wenigstens einer Lackaustrittsstelle für den Zerstäubungsvorgang in den Zwischenraum einbringt,

dadurch gekennzeichnet, daß

das der Sonotrode (22) gegenüberliegend angeordnete Bauteil ein koaxial ausgerichteter Reflektor (24) ist, daß

dessen der Sonotrode (22) zugewandte Stirnfläche (26) eine stufenförmige Einformung (28) aufweist und daß

die Tiefe der Einformung (28) einem Vielfachen der halben Wellenlänge  $\lambda$  der in der Sonotrode (22) erzeugten Schallschwingungen in Luft entspricht.

Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (24) als passiver Reflektor ausgebildet ist.

Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (24) als kreisscheibenförmige oder als rechteckige Platte ausgebildet ist.

2. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Reflektors (24) ebenfalls einem Vielfachen der halben Wellenlänge der in der Sonotrode erzeugten Schallschwingungen entspricht.

3. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Reflektors wenigstens 10 mm beträgt.

4. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,



dadurch gekennzeichnet, daß die stufenförmige Einformung (28) im Reflektor (24) unterhalb der horizontalen Mittelachse des Reflektors (24) in diesen eingeformt ist.

5. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die stufenförmige Einformung (28) im Reflektor (24) halbkreisförmig in die der Sonotrode (22) gegenüberliegende Stimfläche des Reflektors (24) eingeformt ist.

6. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die stufenförmige Einformung (28) im Reflektor (24) sektorartig mit sich in Sprühhichtung symmetrisch erweiternder Öffnung in die der Sonotrode gegenüberliegende Stimfläche des Reflektors (24) eingeformt ist.

7. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die sektorartige stufenförmige Einformung (28) in der Stimfläche des Reflektors (24) einen Öffnungswinkel  $\alpha$  von  $45^\circ < \alpha < 180^\circ$  aufweist.

8. Ultraschall-Stehwellen-Zerstäuberanordnung (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die sektorartige stufenförmige Einformung (28) in der Stimfläche des Reflektors (24) einen Öffnungswinkel  $\alpha$  von  $135^\circ$  aufweist.

Fig.1

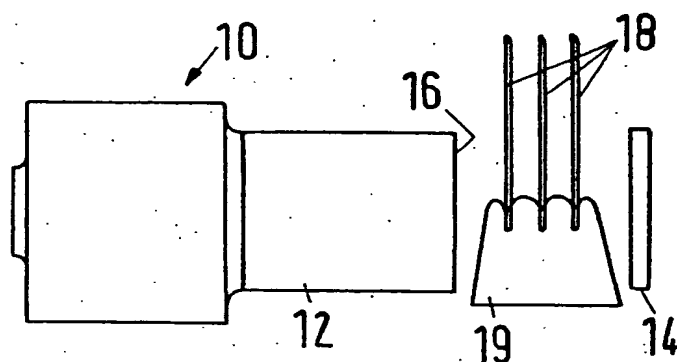


Fig.2

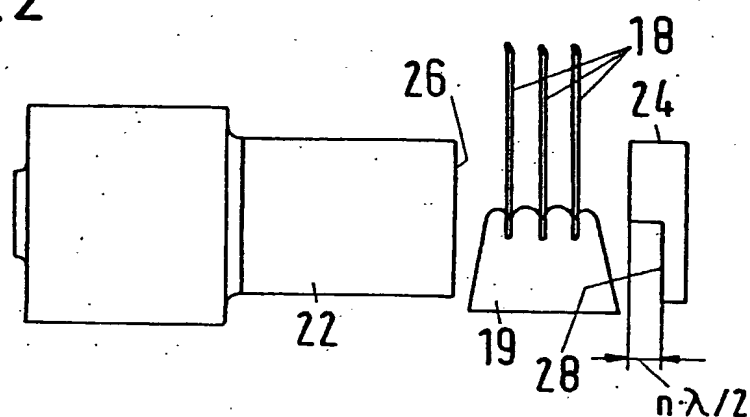


Fig.3

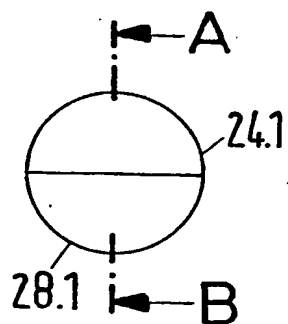


Fig.4

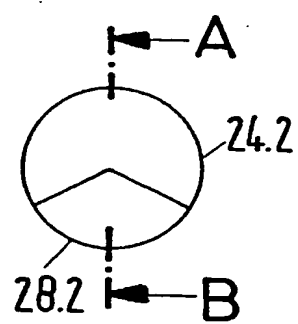
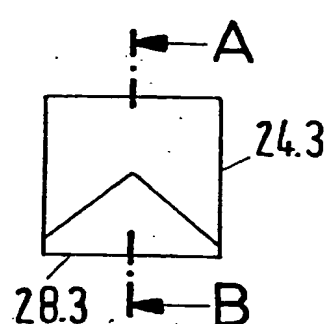


Fig.5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/005864

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B05B17/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 28 42 232 A (BATTELLE INSTITUT E V) 17 April 1980 (1980-04-17) page 10, paragraph 2 figures	1
A	US 4 981 425 A (LIERKE ERNST-GUNTER ET AL) 1 January 1991 (1991-01-01) the whole document	1
A	DE 43 28 088 A (GOLDSCHMIDT ARTUR PROF DR ; HOHMANN GUENTER DIPL CHEM (DE); BAUCKHAGE) 23 February 1995 (1995-02-23) the whole document	1
A	US 5 164 198 A (SCHRECKENBERG PETER ET AL) 17 November 1992 (1992-11-17) the whole document	1
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 October 2004

Date of mailing of the international search report

08/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roldán, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/005864

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/156400 A1 (BABAEV EILAZ) 24 October 2002 (2002-10-24) the whole document	1
A	US 5 122 047 A (SCHRECKENBERG PETER ET AL) 16 June 1992 (1992-06-16) the whole document	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/005864

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 2842232	A	17-04-1980	DE 2842232 A1	17-04-1980
US 4981425	A	01-01-1991	DE 3732325 A1	13-04-1989
			EP 0308600 A1	29-03-1989
			JP 1151967 A	14-06-1989
DE 4328088	A	23-02-1995	DE 4328088 A1	23-02-1995
US 5164198	A	17-11-1992	DE 3735787 A1	30-03-1989
			AT 61261 T	15-03-1991
			DE 3861942 D1	11-04-1991
			EP 0308933 A1	29-03-1989
			JP 1301810 A	06-12-1989
US 2002156400	A1	24-10-2002	WO 02085456 A1	31-10-2002
			US 2002190136 A1	19-12-2002
US 5122047	A	16-06-1992	DE 3939178 A1	29-05-1991
			AT 123239 T	15-06-1995
			DE 59009180 D1	06-07-1995
			EP 0434980 A2	03-07-1991
			JP 3242257 A	29-10-1991